

**Sezione**

**I Pianeti**

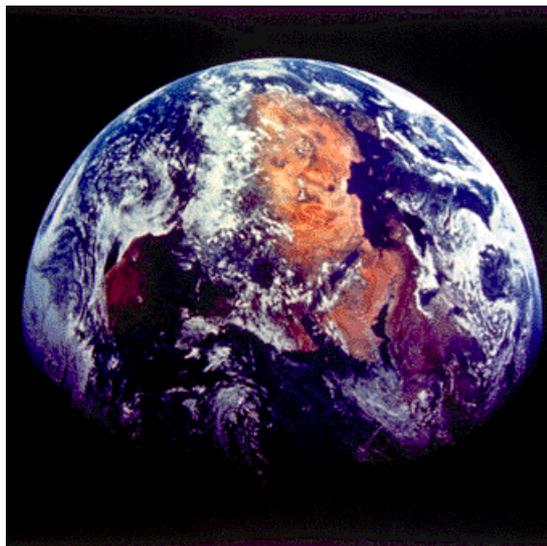
**Testo Parte IX**

**Argomenti trattati**



**ESPLORAZIONE  
SPAZIALE  
DELLA TERRA**

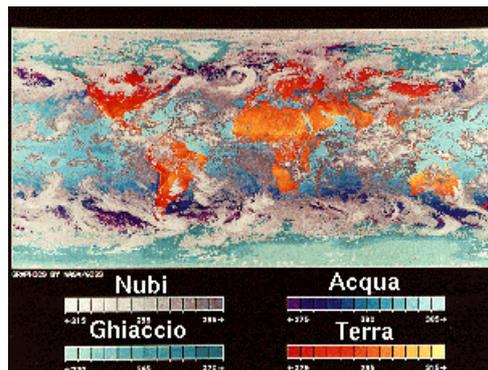
- Introduzione
- Copertura nuvolosa della Terra
- Il Canale della Manica
- La Francia Occidentale
- Gradienti di temperatura sugli oceani
- El Niño 1992
- Variazioni dovute a El Niño: il pigmento
- Deforestazione in Brasile
- Lo stretto di Bering
- Il golfo di California
- Un cratere meteoritico?
- Fuoco nella foresta
- La grande muraglia
- Uadi di Kufra (Libia)
- Nilo e collisione fra placche
- Cratere di impatto in Ciad



## ● **Introduzione**

La Terra, come un qualsiasi altro pianeta del Sistema Solare, può essere osservata dallo spazio al fine di mettere in evidenza caratteristiche su larga scala o aspetti non altrimenti apprezzabili. L'osservazione dallo spazio è iniziata negli anni '50, quando sono iniziati i primi voli sub-orbitali a carattere scientifico. Un forte impulso verso l'astronautica, anche sotto la spinta dell'opinione pubblica, si è avuto dopo il lancio della *Vostok*, il 12 aprile 1961, con a bordo il sovietico Jurij Gagarin, che ha compiuto il primo breve volo umano attorno alla Terra. Questo volo durò 89 minuti e fu percorsa una sola orbita. Da allora, cioè da poco più di trent'anni, il nostro pianeta è stato circondato da una miriade di satelliti artificiali (attualmente circa 2000) che, trascurando gli scopi puramente militari, ne osservano l'atmosfera, la superficie, l'interno ed anche la radiazione proveniente dal Sole e i suoi effetti nell'interazione Sole-Terra, fondamentale per la vita.

L'aspetto più appariscente del pianeta Terra è il colore dominante blu, dovuto alla presenza di acqua allo stato liquido che copre circa i 2/3 della superficie; allo stato solido l'acqua è quasi del tutto concentrata ai poli che pertanto assumono il colore bianco del ghiaccio; acqua allo stato gassoso si trova nell'atmosfera, in forma di vapore acqueo.



## **Nuvole sulla Terra**

Un'altra caratteristica importante è, appunto, l'esistenza dell'atmosfera: un guscio gassoso che circonda la Terra e che è in perenne movimento e rimescolamento, seguendo le leggi della dinamica dei fluidi. Dallo spazio appare evidente la *circolazione* atmosferica, sottolineata o "tracciata" dai sistemi nuvolosi, grandi masse di acqua che, in condizioni favorevoli, possono cambiare di stato e divenire gassose. Le nuvole sono messe in movimento da fenomeni termici che avvengono sia sulla superficie che nell'atmosfera stessa. Osservando a grande scala la circolazione atmosferica, il riscaldamento solare, maggiore all'equatore, avvia processi che tendono a ridistribuire il calore dall'equatore ai poli. A questi processi contribuiscono sia i gas dell'atmosfera che l'acqua degli oceani: questi ultimi hanno anche l'importante funzione di serbatoio di calore, che evita sbalzi di temperatura troppo elevati.

Come per gli altri pianeti, anche per la Terra si misura l'**albedo**, il rapporto tra l'energia emessa verso lo spazio e l'energia ricevuta alla sommità dell'atmosfera. Per l'albedo terrestre sono importanti le nubi, che riflettono fino al 92% dell'energia ricevuta e meno significativi le foreste di conifere (12%), gli oceani e i laghi (meno del 9-10%). In media, l'albedo della Terra è del

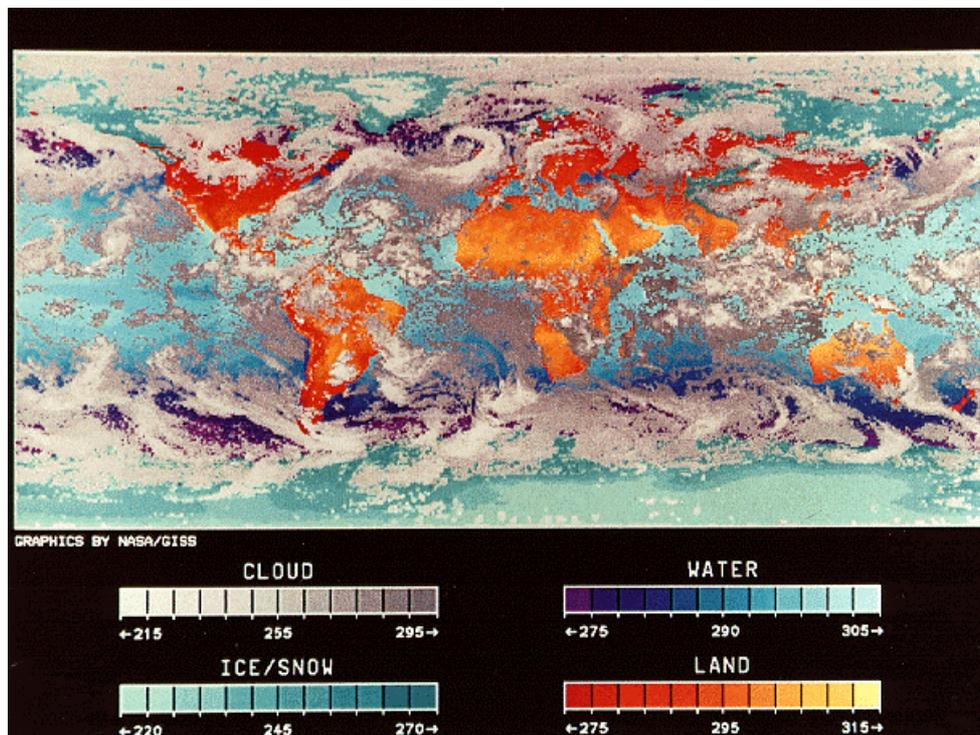
## ***Iperastro- Il Sistema Solare-La Terra esplorazione spaziale-Parte IX***

37%.

Misure ed osservazioni eseguite da satellite, tra le molte concernenti quasi tutti i campi della ricerca, sono, a titolo di esempio, quelle relative agli **aerosol stratosferici**. Questi sono composti chimici (ad esempio biossido di zolfo, prodotto e spinto nella stratosfera da eruzioni vulcaniche) che possono modificare i bilanci energetici dell'atmosfera, diffondendo e assorbendo sia la radiazione solare che quella terrestre e che possono alterare le reazioni chimiche atmosferiche, ad esempio agendo da catalizzatori nelle reazioni di azoto, clorina e ozono.

Gli aerosol possono far cambiare la temperatura sulla superficie terrestre sia fermando la radiazione solare (e quindi facendo diminuire la temperatura), sia impedendo che parte dell'energia irradiata dalla Terra raggiunga lo spazio, con ciò aumentando la temperatura (**effetto serra**). Possono anche contribuire alla distruzione dello strato di ozono, favorendo reazioni chimiche che lo coinvolgano (**buco dell'ozono**).

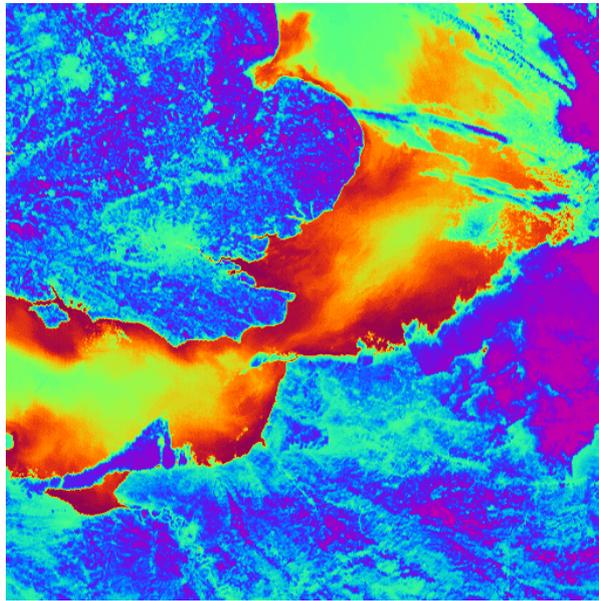
### ***•Copertura nuvolosa della Terra***



**L'immagine mostra l'aspetto della copertura nuvolosa della Terra il giorno 15 ottobre 1983.**

Deriva da immagini di satelliti meteorologici ottenute in infrarosso e la sua principale caratteristica è che, per la prima volta, tutte le immagini usate sono state ottenute nell'intervallo massimo di un'ora. È quindi praticamente un'istantanea. Le quattro scale in basso mostrano la relazione tra i colori della mappa e la temperatura di nubi, acqua, ghiaccio o neve e terra. Tutte le temperature sono in gradi Kelvin ( $^{\circ}$  K). *Immagine di proprietà NASA (USA) --- <http://www.jpl.nasa.gov/sircxsar/>*

**●Il Canale della Manica ( *The English Channel* )**



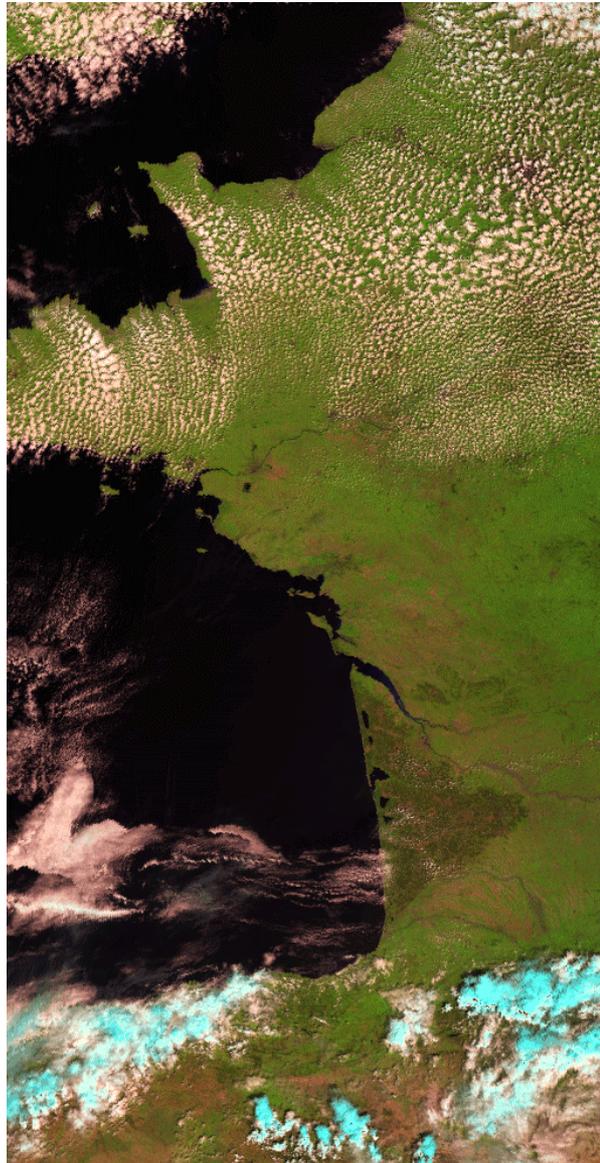
**Immagine notturna "termica" (ottenuta a lunghezze d'onda tipiche dell'emissione di calore) di: Inghilterra, Canale della Manica e Francia settentrionale. Sulla scala di colori dell'immagine, la temperatura aumenta andando dal blu e giallo verso l'arancione. L'intervallo di temperatura è  $5 \div 15^\circ \text{C}$  ( $278 \div 288^\circ \text{K}$ ).**

Si vedono bene Londra e il Tamigi ed altre città inglesi. Della Francia si notano Le Havre e Rouen ma la Senna è la caratteristica più appariscente della regione francese. Parigi è subito sotto il bordo inferiore dell'immagine. Nel canale della Manica si osserva il gradiente di temperatura dell'acqua: più calda lungo le coste (arancione,  $\sim 17^\circ \text{C}$ ) e più fredda al centro (giallo,  $\sim 7^\circ \text{C}$ ). Le nubi, alla stessa temperatura del terreno, non sono distinguibili facilmente in questa immagine anche se la loro presenza modifica l'orografia (ad esempio, immediatamente sopra Le Havre o sul Belgio e l'Olanda).

Immagine a 12 micron, del 7 settembre 1991. Sono coperti  $(512 \times 512) \text{ km}^2$ .

*Università di Leicester (UK) --- <http://atsrw3.ag.rl.ac.uk/atsr1/images/>*

● ***La Francia Occidentale***

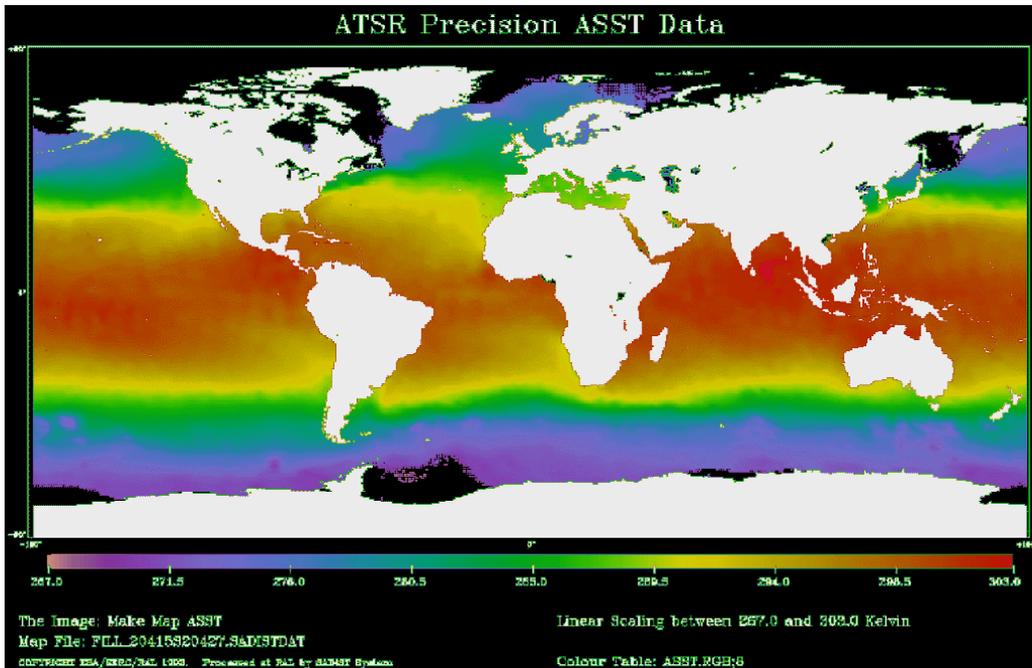


**Immagine diurna, ottenuta componendo immagini a diversa lunghezza d'onda per simulare i colori naturali.**

Nella parte bassa dell'immagine, le nubi alte e molto riflettenti (cioè con un'albedo molto elevata) appaiono azzurre. Si vedono bene Saint Malo e le isole del Canale, Caen, Le Havre, Rouen, la Senna, Parigi (tra le nuvole "a pecorelle", segno della presenza di aria fredda); sulla costa occidentale Nantes e la Loira, La Rochelle, Bordeaux.

*Immagine combinata: 1.6 micron(rosso), 0.87 micron(verde), 0.67 micron(blu) del 9 maggio 1995. Sono coperti (512 km x 1000 km). Rutherford Appleton Laboratory (UK) --- <http://www.atsr.rl.ac.uk:80/atsr2/>*

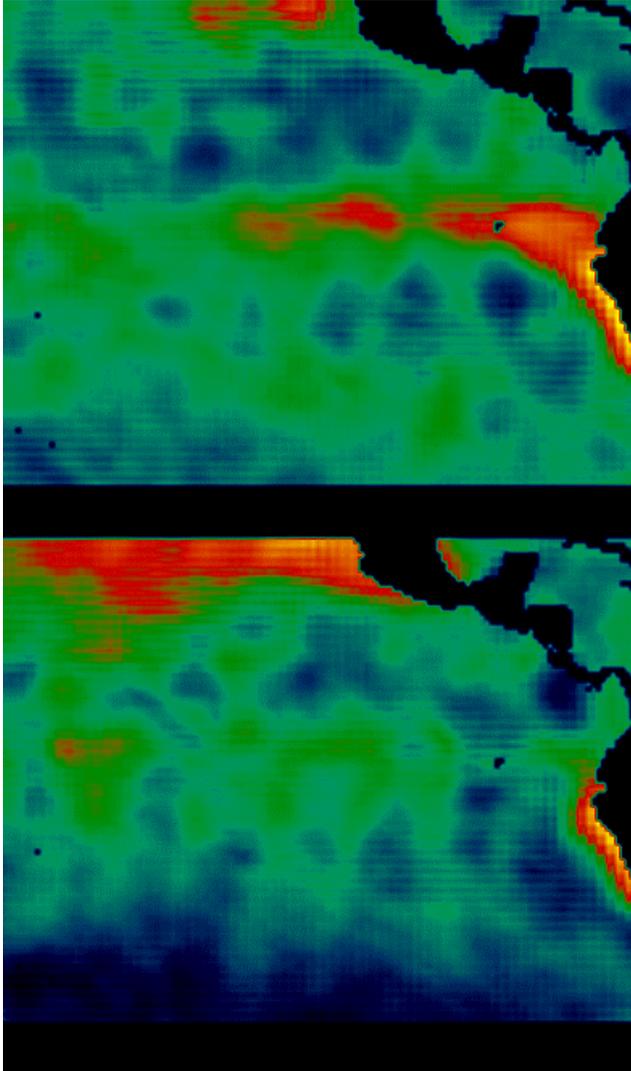
• ***Gradienti di temperatura sugli oceani***



**L'Immagine mostra la temperatura media globale della superficie marina nell'aprile 1992, misurata con un'accuratezza migliore di 0.3 ° K.**

Il periodo considerato copre lo stadio finale dell'evento El Niño 1992. I continenti sono mascherati in bianco e le banchise polari (oceano coperto dai ghiacci) sono nere. Le temperature, rappresentate dalla scala di colori in basso, sono comprese tra 257 e 303 ° K (~tra -16 e ~ +30 ° C). *Università di Leicester (UK) --- <http://atsrw3.ag.rl.ac.uk/atsr1/images/>*

● ***El Niño 1992***



**El Niño è un evento quasi periodico che comprende vari cambiamenti nelle condizioni oceaniche ed atmosferiche; in particolare un riscaldamento nella zona tropicale dell'Oceano Pacifico.**

Il fenomeno ricompare con un tempo scala che va da due a nove anni. Tipicamente un El Niño inizia nel periodo di Natale, persiste per diversi mesi ed è associato a cambiamenti significativi nelle condizioni meteorologiche. El Niño 1982-83 ha causato una forte siccità in Australia, Indonesia, Filippine, India, America centrale e Africa meridionale. Nello stesso periodo è aumentata la frequenza e la forza dei cicloni tropicali e le Hawaii sono state colpite da un uragano, evento raro in quella zona. Complessivamente sono morte più di mille persone e si sono avuti danni per circa 13 mila miliardi di lire.

Le due immagini "termiche" della zona di El Niño 1992 (la zona nera, in alto a destra mostra l'America Centrale e una parte della Colombia) mostrano l'improvvisa scomparsa del fenomeno. Entrambe rappresentano la differenza tra i dati climatici (al suolo) e i dati da satellite.

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-La Terra esplorazione spaziale-Parte IX***

La prima immagine deriva da misure nel periodo 15-27 aprile 1992. Il colore rosso mostra acqua a temperatura fino a 3 ° K più calda di quanto ci si attendeva in quel periodo dell'anno. I dati necessari alla seconda immagine sono stati ottenuti 28 giorni più tardi: come si vede quasi tutta la lingua di acqua più calda è scomparsa.

Anche se l'origine di El Niño non è ancora ben compresa, ci sono varie indicazioni dell'avvicinarsi del fenomeno. Misure dell'evoluzione delle condizioni oceaniche sono servite per predire la presenza e l'intensità di molti El Niño (anche di quello del 1992), ma la rinascita del fenomeno nel 1993, che ha rotto la cadenza di almeno due anni, ha preso in contropiede la comunità scientifica.

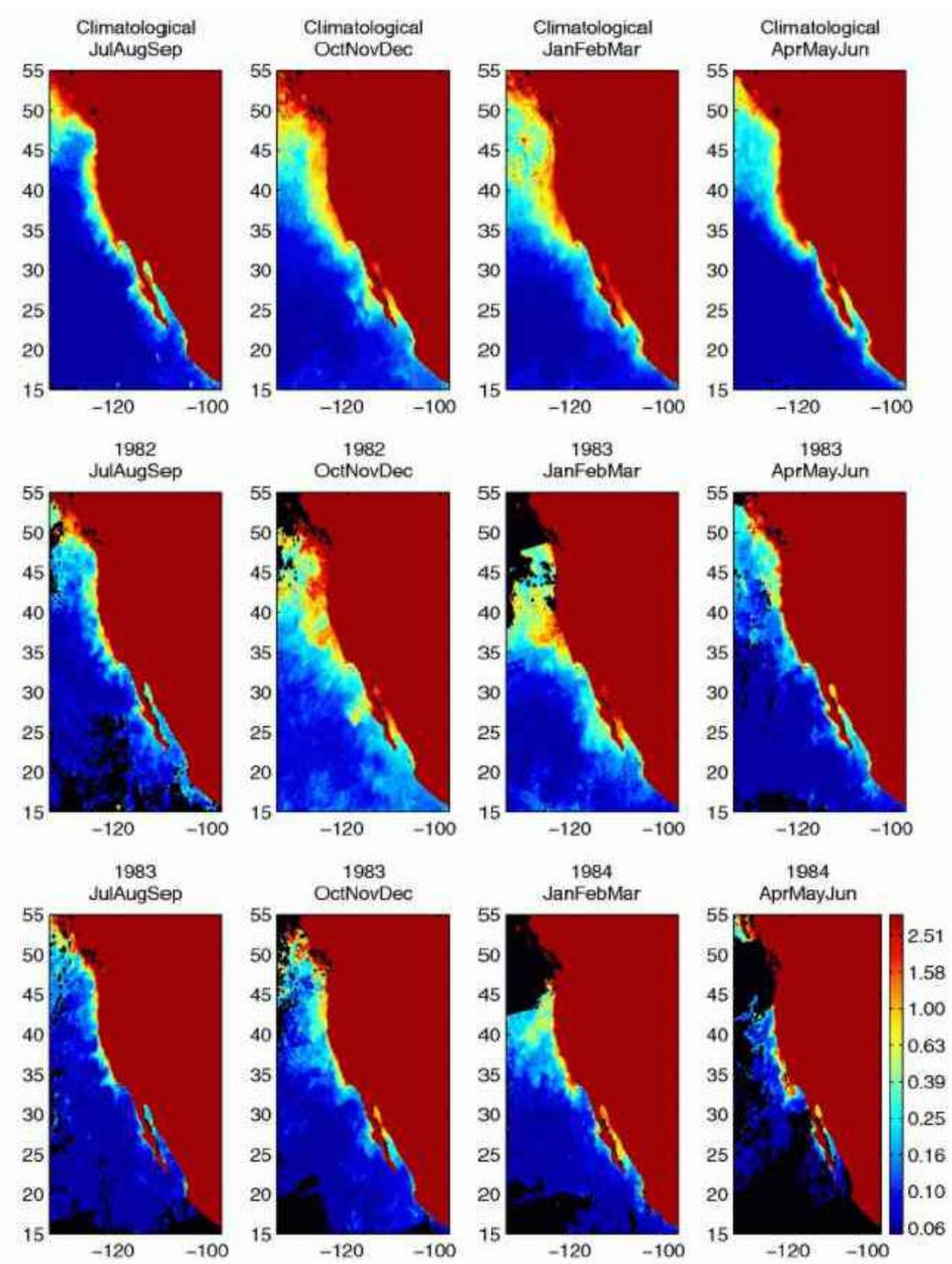
*Universita' di Leicester (UK) --- <http://atsrw3.ag.rl.ac.uk/atsr1/images/>*

### ***•Variazioni dovute a El Niño: il pigmento***

Il fenomeno El Niño è caratterizzato da un aumento stagionale di temperatura dell'acqua da una corrispondente diminuzione nella concentrazione del pigmento (colorazione delle acque, dovuta a fattori biologici). Le immagini in basso mostrano la variazione della concentrazione del pigmento nel tempo (in  $\text{mg/m}^3$ ) e la sua distribuzione geografica. La scala della concentrazione è mostrata a sinistra in basso. I numeri scritti ai lati delle immagini sono la longitudine e la latitudine della regione di interesse.

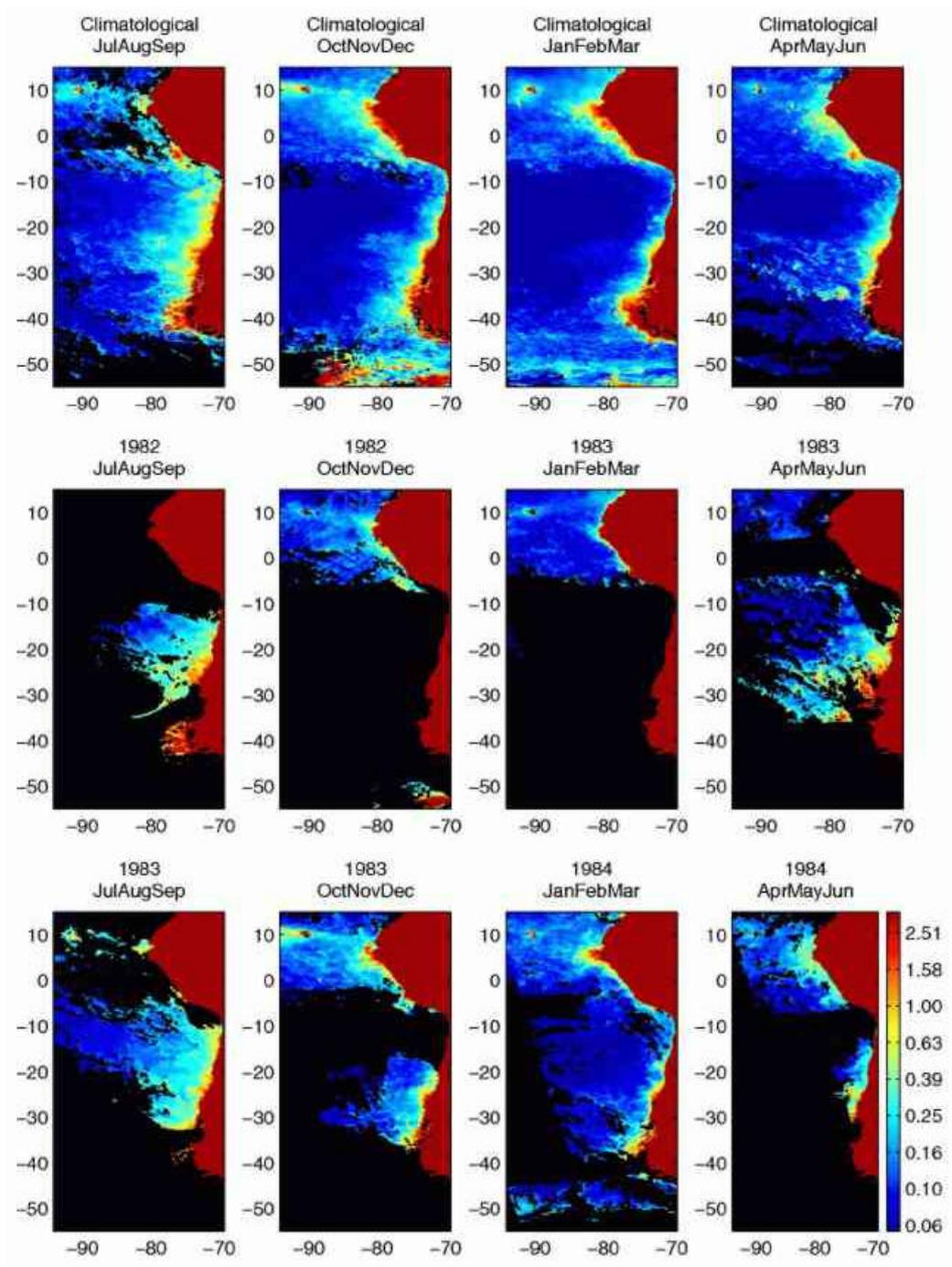
*Iperastro- Il Sistema Solare-La Terra esplorazione spaziale-Parte IX*

... lungo la costa occidentale della California



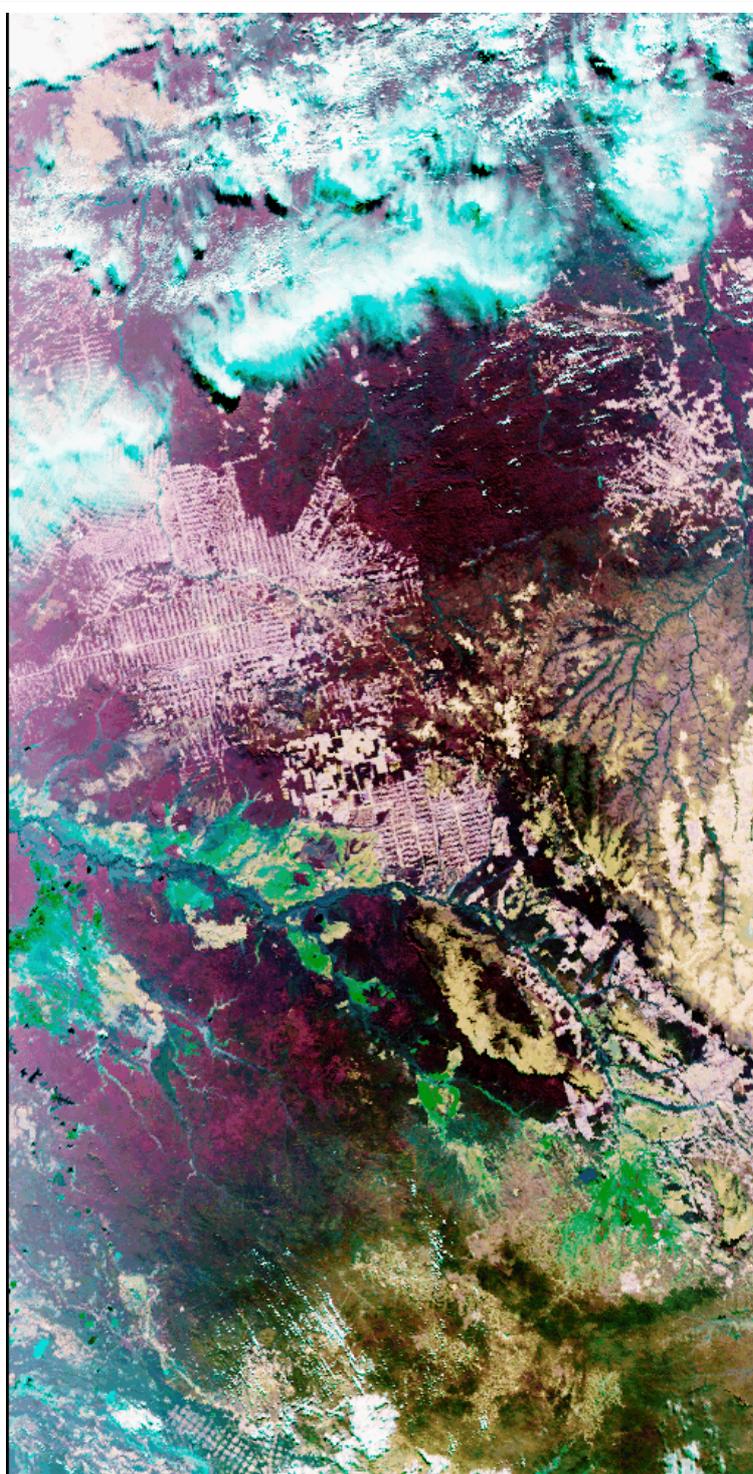
***Iperastro- Il Sistema Solare-La Terra esplorazione spaziale-Parte IX***

e lungo la costa occidentale del Sud America



*Nasa* <http://airsea-www.jpl.nasa.gov/ENSO/welcome.html>

•*Deforestazione in Brasile*



**Immagine diurna "combinata" (ottenuta per composizione di tre immagini a diverse lunghezze d'onda) della foresta amazzonica nella parte occidentale del Brasile al confine con la Bolivia (Rondonia).**

Un pò sopra al centro, a destra, la zona chiara di aspetto frastagliato mostra una considerevole, anche se irregolare, eliminazione di foresta. Per contrasto, a sinistra si vede una deforestazione sistematica e molto regolare che continua nella parte sud orientale della regione.

Il fiume che a circa metà dell'immagine la attraversa quasi orizzontalmente è il Guapore che rappresenta il confine tra Brasile e Bolivia: si noti la poca deforestazione in questa seconda nazione. Le nubi, alte e molto riflettenti, assumono in questa immagine una colorazione azzurra.

*Immagine combinata: 1.6 micron(rosso), 0.87 micron(verde), 0.67 micron(blu) del 9 maggio 1995.*

*L'immagine copre (512 km x 1000 km). Rutherford Appleton Laboratory (UK) --- <http://www.atrs.rl.ac.uk:80/atrs2/>*

**●Lo stretto di Bering**

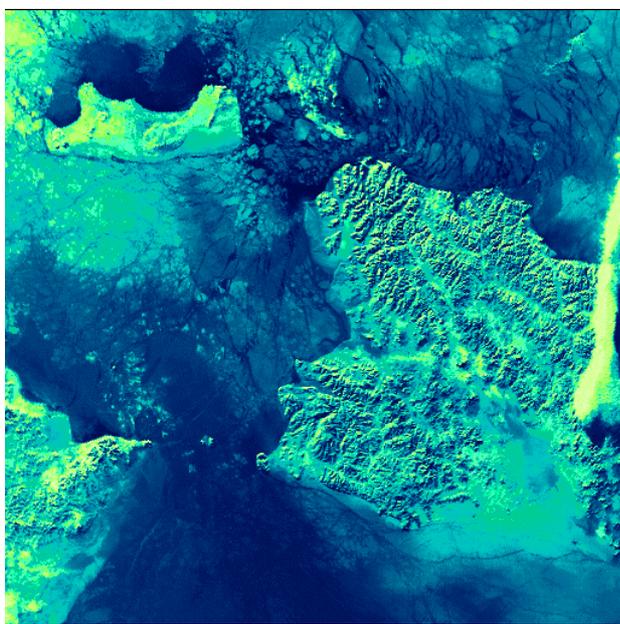


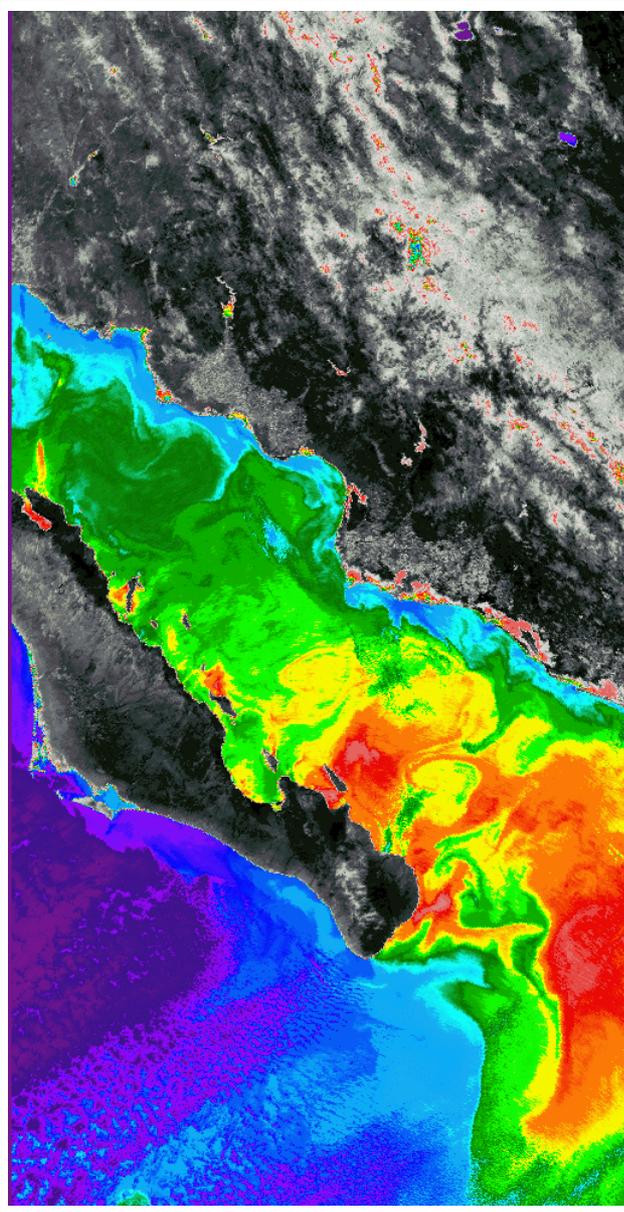
Immagine diurna ad una lunghezza d'onda che è quella della luce solare riflessa, piuttosto che del calore emesso: quindi le zone più chiare sono quelle più riflettenti. Si vede in questa immagine la zona dello stretto di Bering, tra l'Alaska e la Siberia. Al centro dell'immagine passa la linea del cambiamento di data. Dato che questa zona rasenta il Circolo Polare Artico, l'oceano è coperto da ghiacci galleggianti: le zone più scure (quasi nere) rappresentano acqua libera, molto meno riflettente del ghiaccio.

Dati di questo genere si sono mostrati utili per la individuazione di ghiacci (e quindi anche di rotte marine libere da impedimenti) e per la localizzazione degli iceberg.

*Immagine a 1.6 micron, del 5 febbraio 1992. Sono coperti (512x512) km<sup>2</sup>.*

*Università di Leicester (UK) --  
<http://atsrw3.ag.rl.ac.uk/atrs1/images/>*

**•Il Golfo di California**

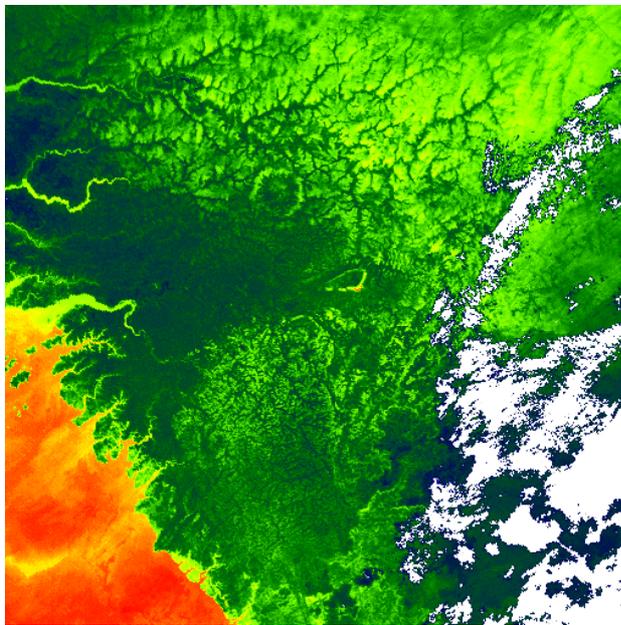


**Immagine diurna "termica" (ottenuta a lunghezze d'onda tipiche dell'emissione di calore) della parte meridionale del Golfo di California.**

Sulla scala di colori dell'immagine, la temperatura diminuisce andando dal grigio al viola. L'intervallo di temperatura è  $7 \div 30$  ° C ( $280 \div 300$ ° K). Le temperature dell'oceano vanno dal viola (più fredde) al rosso (più calde). Lungo la costa in alto si notano zone di colore rosso: sono baie, laghi costieri o interni le cui acque sono più calde.

*Immagine a 11 micron, del 12 maggio 1995. Sono coperti (512x1000) km<sup>2</sup>. Rutherford Appleton Laboratory (UK) --- <http://www.atsr.rl.ac.uk:80/atsr2/>*

• **Un cratere meteoritico ?**

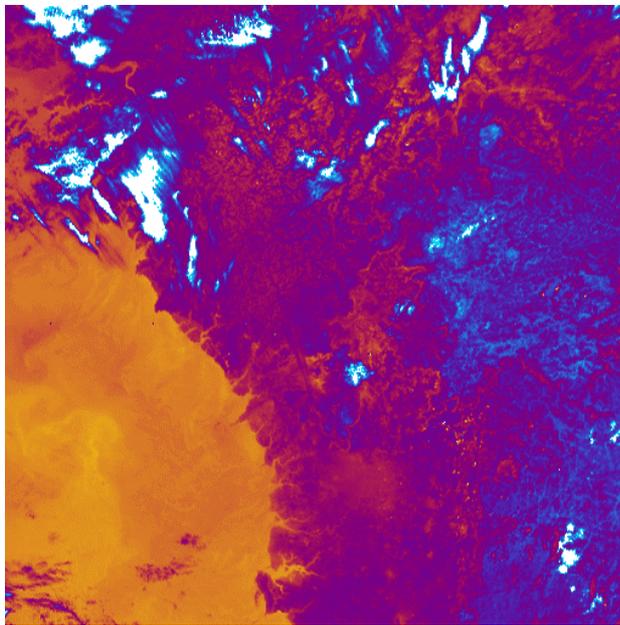


**Immagine notturna "termica" della costa dell'Africa occidentale che va dal Senegal alla Guinea, comprendendo Gambia e Guinea Bissau.**

Sulla scala di colori dell'immagine, appare che la temperatura della terra è minore della temperatura dell'Oceano Atlantico (in arancione). I colori dell'immagine sono stati scalati per mettere in evidenza la zona circolare appena sopra il centro. Essa ha un diametro di quasi 40 km e il suo aspetto suggerisce la presenza di un cratere da impatto di meteoriti: la conferma di una simile teoria, però, ha bisogno di analisi dettagliate dei materiali nel "cratere". Un aspetto interessante è l'apparenza "frattale" sia dell'interno che dei "fiordi" lungo la costa. Le zone bianche, in basso a destra, sono sistemi nuvolosi.

*Immagine a 3.7 micron, del 23 gennaio 1992. Sono coperti (512x512) km<sup>2</sup>. Università di Leicester (UK) --- <http://atsrw3.ag.rl.ac.uk/atsr1/images/>*

● *Fuoco nella foresta*

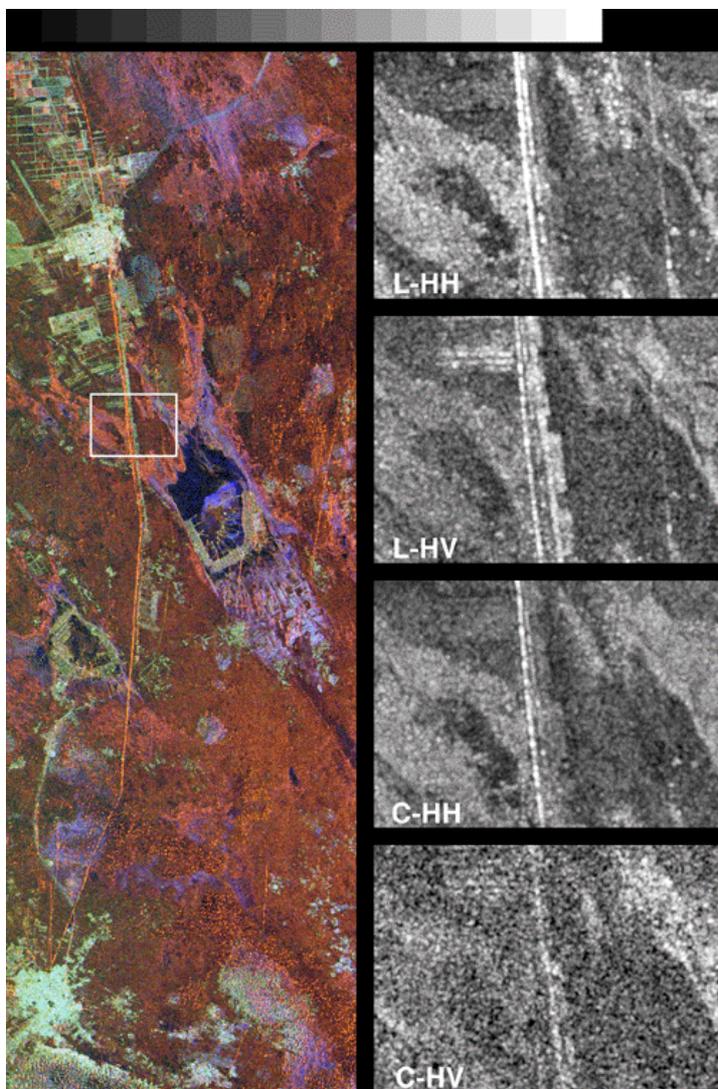


**Immagine notturna "termica" della costa dell'Africa Occidentale che corrisponde a Guinea e Sierra Leone.**

Sulla scala di colori dell'immagine, le aree più fredde (nubi) sono blu, mentre dal viola al giallo sono rappresentate temperature crescenti. L'Oceano Atlantico appare arancione e la terra, più fredda, rossa.

Gli incendi si vedono come punti di colore giallo brillante, soprattutto a destra in basso (in Sierra Leone). La temperatura di questi punti è circa  $300^{\circ}\text{K}$  (circa  $27^{\circ}\text{C}$ ), e si avvicina alla massima temperatura misurabile con lo strumento a bordo del satellite ( $300^{\circ}\text{K}$ ). Questo valore non rappresenta evidentemente la temperatura del fuoco perchè non tutta l'area coperta da un singolo pixel ( $1\text{ km}^2$ ) sta bruciando. Immagine a 3.7 micron, del 26 gennaio 1992. Sono coperti  $(512 \times 512)\text{ km}^2$ .  
*Università di Leicester (UK) ---*  
*<http://atsrw3.ag.rl.ac.uk/atsr1/images/>*

•*La Grande Muraglia*

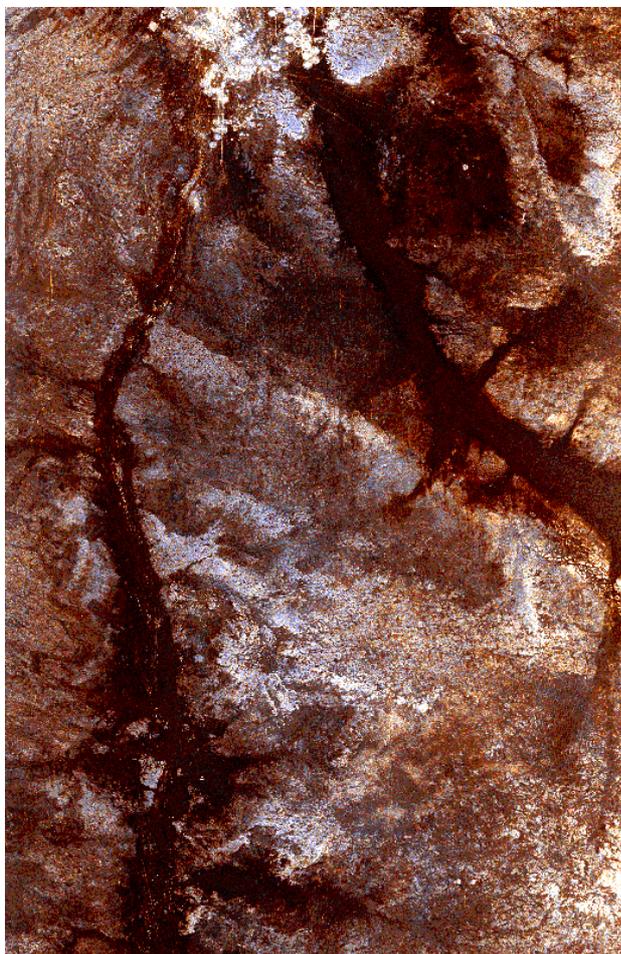


**L'immagine radar, da satellite, mostra una parte della Grande Muraglia nella zona centro - settentrionale della Cina.**

La Muraglia appare di colore arancione, dall'alto al basso dell'immagine a colori sulla sinistra. Le immagini in bianco e nero, si riferiscono all'area racchiusa dal rettangolo bianco nell'immagine di sinistra e sono riferite ai quattro canali del radar (distinti per lunghezza d'onda e/o polarizzazione). Ogni canale mette in evidenza aspetti del terreno diversi, permettendo anche una sorta di archeologia: infatti la banda L-HH mostra *due* segmenti paralleli della Muraglia, di diversa epoca. La riga continua e brillante è la nuova muraglia (dinastia Ming, circa 600 anni fa); sulla destra, molto vicina, si nota una riga più debole e discontinua che rappresenta la vecchia muraglia (dinastia Sui, circa 1500 anni fa). I rettangoli chiari che si notano lungo la muraglia nella seconda immagine (L-HV) sono alberi che costeggiano una strada locale.

*Immagine a colori ottenuta combinando la banda L (microonde, con lunghezza d'onda di 24 cm), a diversa polarizzazione, e la banda C (6 cm).*

● *Uadi di Kufra (Libia)*



**L'immagine da satellite illustra come il radar possa rilevare aspetti sconosciuti dell'orografia, in zone attualmente coperte da sabbia portata dal vento per migliaia di anni.**

L'area si trova nel Sahara, nel sud-est della Libia, vicino all'oasi di Kufra (i campi circolari, bianchi, in alto) e mostra la presenza sia di un vecchio bacino fluviale (uadi) già noto (è il solco scuro verticale, a sinistra: un "paleosistema di drenaggio" delle acque), sia un altro grande sistema di drenaggio, finora sconosciuto, che si unisce al primo in corrispondenza dell'oasi. Le sue dimensioni sono circa 5 km di larghezza per 100 km di lunghezza. Adesso la regione è fortemente arida, ma nel tardo Quaternario questa era sicuramente una zona piovosa e fertile, come testimoniano i grandi bacini di raccolta delle acque.

*Immagine a colori ottenuta il 4 ottobre 1994, combinando la banda L (microonde con lunghezza d'onda di 24 cm), a diversa polarizzazione, e la banda C (6 cm). Osservazioni di SIR-C/X-SAR, il radar ad apertura sintetica che è frutto di una collaborazione tra Germania, Italia e Stati Uniti. NASA (Usa) --- <http://www.jpl.nasa.gov/sircxsar>*

● *Nilo e collisione fra placche*



**L'immagine radar da satellite mostra una regione settentrionale del Sudan, nota con il nome di Sutura di Keraf.**

Attraversa l'immagine, dall'alto al basso, il fiume Nilo che qui appare come una striscia verde-giallo. Si vedono bene anche le valli che convogliano l'acqua piovana, sia ad est che ad ovest del Nilo: sono le figure marroni o rossicce, ramificate. Questa immagine è servita per guidare osservazioni al suolo, atte a comprendere perché il Nilo segue quel percorso e non altri o, in altre parole, che cosa controlla il corso del Nilo. Questa è una domanda la cui risposta ha lasciato perplessi i geologi per molto tempo (addirittura per secoli). Il fiume divide l'immagine in due parti: a sinistra, zona viola, la roccia affiora in superficie, mentre a destra il terreno è coperto da sabbia, con spessore che va da alcuni centimetri a molte decine di centimetri. Virtualmente in questa zona non si vedrebbe nulla della struttura sottostante la sabbia né da terra né da foto ottenute con satelliti come Landsat o Spot (cioè con strumenti nelle bande di frequenza ottiche). L'immagine radar mette in evidenza, a destra del Nilo, una riga trasversale che taglia le valli di drenaggio, dall'angolo in alto a destra a metà del bordo inferiore. La zona compresa tra il Nilo e questa riga (la Sutura di Keraf) è il luogo dove due falde si sono scontrate circa 600 milioni di anni fa: il Gondwana Est e il Gondwana Ovest, urtandosi, hanno dato origine al Grande Gondwana. Come si vede, il Nilo si avvicina, ma non attraversa mai questa sutura che quindi sembra controllare il suo corso.

*Immagine a colori ottenuta nell'aprile 1994, combinando la banda L (microonde con lunghezza d'onda di 24 cm), a diversa polarizzazione, e la banda C (6 cm). Osservazioni di SIR-C/X-SAR, il radar ad apertura sintetica che è frutto di una collaborazione tra Germania, Italia e Stati Uniti. NASA (Usa) --- <http://www.jpl.nasa.gov/sircxsar>*

● *Cratere da impatto in Ciad*



**L'immagine radar da satellite mostra una regione settentrionale del Ciad, nel deserto del Sahara.**

La struttura ad anelli concentrici è il cratere da impatto di Aorunga, di circa 17 km di diametro. Il cratere originale è stato dapprima riempito da sedimenti che successivamente sono stati parzialmente erosi fino a mostrare la struttura attuale ad anelli. Si cerca di capire se veramente questo cratere è uno della serie provocata da un impatto multiplo. Sembra che le strisce scure in alto a destra possano essere una parte di un secondo cratere. Le misure radar sono particolarmente adatte a terreno desertici, perché rivelano struttura altrimenti nascoste da depositi di sabbia.

*Immagine a colori ottenuta il 18 e 19 aprile 1994, combinando la banda L (microonde con lunghezza d'onda di 24 cm), e la banda C (6 cm), con diverse polarizzazioni . Osservazioni di SIR-C/X-SAR, il radar ad apertura sintetica che è frutto di una collaborazione tra Germania, Italia e Stati Uniti. NASA (Usa) --- <http://www.jpl.nasa.gov/sircxsar>*